

PAUTA TRABAJO DIRIGIDO

Escuela de Verano**COFM52-1 Física de partículas: Un viaje a la descripción fundamental del universo****Profesor:** Luis Mora Lepin**Auxiliar:** Bianca Zamora Araya

**Trabajo dirigido:
Sobre las partículas y sus interacciones en el Modelo Estándar**

19 de julio de 2022

Discuta, con sus compañeros y compañeras de grupo, las preguntas que se presentan a continuación. Escriban sus respuestas en el archivo que se les compartió.

P1. [Conceptualmente hablando...] (Tiempo estimado: 10 minutos)

- a) ¿Qué es una partícula fundamental? Refiérase a sus características físicas.
- b) Mencione todas las partículas del Modelo Estándar. Le puede ser útil indicar sus características principales, o también considerar las generaciones y/o familias de partículas.
- c) ¿Qué tipo de interacciones y/o procesos pueden ocurrir entre las partículas fundamentales, según el Modelo Estándar? Menciónelos y explíquelos brevemente.
- d) Hay interacciones entre partículas fundamentales, descritas por el Modelo Estándar, en las que se deben conservar ciertas cantidades. Indique cuáles son estas cantidades, explique cómo se cuentan, y mencione bajo qué procesos se conservan.

P2. [Interaccionando ando] (Tiempo estimado: 30 minutos)

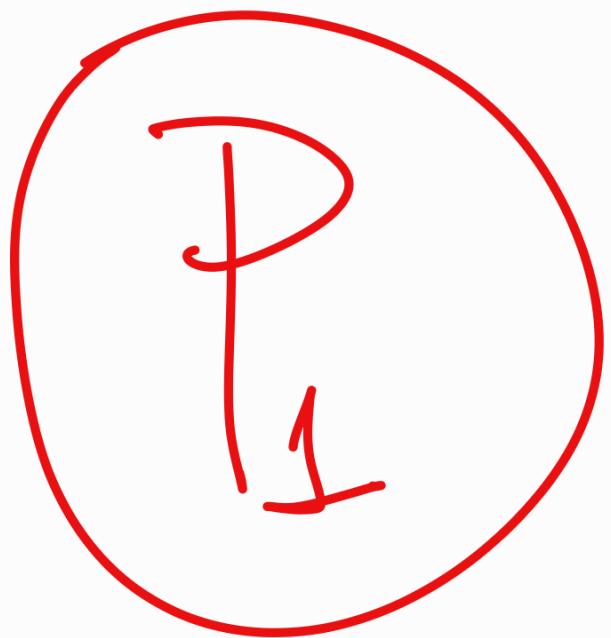
Determine si las siguientes interacciones entre partículas pueden ocurrir (o no), justificando su respuesta. También discuta si corresponde a fuerza débil, fuerza fuerte o electromagnetismo, argumentando.

- a) $\gamma + e^- \rightarrow \gamma + e^-$
- b) $e^- + e^+ \rightarrow e^+ + e^-$
- c) $e^- + \mu^+ \rightarrow \nu_e + \bar{\nu}_\mu$
- d) $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$
- e) $\nu_e + p \rightarrow e^- + \pi^+ + p$
- f) $\nu_\tau + e^- \rightarrow \tau^- + \nu_e$
- g) $\tau^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_\tau$

P3. [Detective de partículas] (Tiempo estimado: 20 minutos)

Identifique las partículas que corresponden a cada caso presentado, justificando su respuesta con los contenidos vistos en clase.

- a) Un protón choca contra otra partícula desconocida, y a partir de esta interacción de fuerza fuerte surgen los tres tipos de piones π^+ , π^- y π^0 . Determine la identidad de la partícula desconocida.
- b) Un pión negativo decae en un pión neutro y un electrón. ¿Cuál partícula es necesaria que sea parte de la consecuencia del decaimiento, para que esta pueda ser una interacción válida de fuerza débil según las leyes de conservación?
- c) Un neutrón decae en un electrón y en un protón. ¿Cuál partícula es necesaria que sea parte de la consecuencia del decaimiento, para que esta pueda ser una interacción válida según las leyes de conservación?



Ph

a) ¿Qué es una partícula fundamental

- * Superposición de ondas
- * No posee volumen asociado (no tiene estructura interna)
- * No está formado por otras partículas
- * No tiene color (al referirse sobre los quarks)
- * Tiene asociada:
 - ↳ masa
 - ↳ spin
 - ↳ energía
 - ↳ Carga
- * Posee su par antipartícula

(P) b) Tipos de partículas

- * Fermiones: spin semi-entero
- * Leptones: (partículas no compuestas)

$$\begin{array}{ccc} \left(\begin{matrix} \nu_e \\ e^- \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{matrix} \right) \\ \text{I} & \text{II} & \text{III} \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \left(\begin{matrix} e^+ \\ \nu_{e^+} \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} \mu^+ \\ \nu_{\mu^+} \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} \tau^+ \\ \nu_{\tau^+} \end{matrix} \right) \\ \text{I} & \text{II} & \text{III} \end{array}$$

- $e, \mu, \tau \rightarrow$ leptones cargados (-1 , y antipartícula $+1$)
- $\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau \rightarrow$ leptones neutros

- * Quarks: (partículas no compuestas)

$$\begin{array}{ccc} \left(\begin{matrix} u \\ d \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} c \\ s \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} t \\ b \end{matrix} \right) \\ \text{I} & \text{II} & \text{III} \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \left(\begin{matrix} \bar{u} \\ \bar{d} \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} \bar{c} \\ \bar{s} \end{matrix} \right) & \left(\begin{matrix} \bar{t} \\ \bar{b} \end{matrix} \right) \\ \text{I} & \text{II} & \text{III} \end{array}$$

- $u, c, t \rightarrow$ carga $\frac{2}{3}$ (antipartícula: $-\frac{2}{3}$)
- $d, s, b \rightarrow$ carga $-\frac{1}{3}$ (antipartícula: $\frac{1}{3}$)
- pueden aparecer en "colores": r, g, b.

- * Bosones vector: (partículas no compuestas)

- gluón (g): $m=0, Q=0$
- fotón (γ): $m=0, Q=0$
- bosón Z : $m=91,1 \text{ [GeV/c}^2]$, $Q=0$
- bosón W^\pm : $m=80,39 \text{ [GeV/c}^2]$

- * Bosón escalar: (partículas no compuestas)

- Bosón de Higgs

* Hadrones : (partículas compuestas)

↳ Barión : (partículas compuestas)

- 3 quarks

- La suma de los colores es neutro ($R + B + G = \text{neutro}$)

↳ Mesones : (partículas compuestas)

- 1 quark, 1 antiquark

- La suma de los colores es neutro ($\text{color} + \text{anticolor} = \text{neutro}$)

(P1) c) Interacciones/Procesos entre partículas fundamentales (SM)

* Procesos:

- ↳ Decaimiento: Una partícula transiciona y da origen a otras
- ↳ "Dar masa": Mediado por Bosón de Higgs

* Interacciones:

↳ Electromagnetismo:

- Mediado por fotones

↳ Fuerza Fuerte:

- Mediada por gluón (g)

↳ Fuerza Débil:

- Mediada por bosones Z , W^\pm

P1) d) Leyes de conservación en SM

* Número leptónico (L):

$$\cdot L_e = N(e^-) - N(e^+) + N(\nu_e) - N(\bar{\nu}_e)$$

$$\cdot L_\mu = N(\mu^-) - N(\mu^+) + N(\nu_\mu) - N(\bar{\nu}_\mu)$$

$$\cdot L_\tau = N(\tau^-) - N(\tau^+) + N(\nu_\tau) - N(\bar{\nu}_\tau)$$

↳ Cada uno se conserva de manera independiente

* Número Bariónico (B):

$$\cdot B = N(\text{biones}) - N(\text{antibiones})$$

* carga (Q)

* Interacción Fuerte:

↳ Ocurre cuando se conserva todo.

* Interacción Débil:

↳ Ocurre cuando se conserva todo, excepto las cargas de strangeness, topness, bottomness y charmness.

* La suma de los colores es neutro

$$\rightarrow R + G + B = \text{neutro}$$

$$\rightarrow \text{color} + \text{anticolor} = \text{neutro}$$

P₂

P2

Determinar si las interacciones pueden ocurrir.
Justificar respuesta.



Q	0	-1	0	-1	$-1 = -1$	✓
L _e	0	+1	0	+1	$+1 = +1$	✓

∴ Sí ocurre



Q	+1	-1	+1	-1	$0 = 0$	✓
L _e	-1	+1	-1	+1	$0 = 0$	✓

∴ Sí ocurre



Q	-1	+1	0	0	$0 = 0$	✓
L _e	+1	0	+1	0	$+1 = +1$	✓
L _μ	0	-1	0	-1	$-1 = -1$	✓

∴ Sí ocurre



Q	0	+1	+1	0	+1 = +1 ✓
L_μ	+1	0	-1	0	+1 = -1 \rightarrow False; no & conserva
B	0	1	0	1	+1 = +1 ✓
					$\therefore \underline{\text{No}} \text{ occurs}$



Q	0	+1	-1	+1	+1 = +1 ✓
L_e	+1	0	+1	0	+1 = +1 ✓
B	0	+1	0	0	+1 = +1 ✓
					$\therefore \text{Si' occurs}$



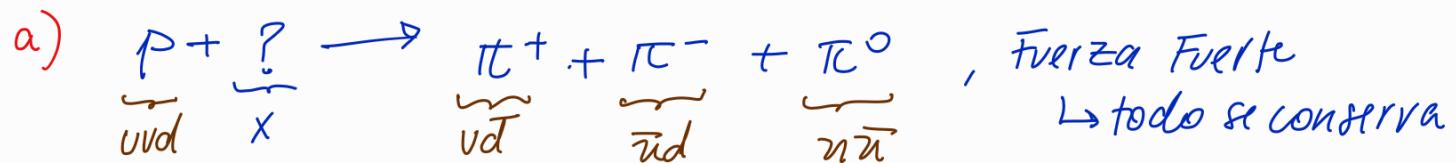
Q	0	-1	-1	0	-1 = -1 ✓
L_τ	+1	0	+1	0	+1 = +1 ✓
L_e	0	+1	0	+1	+1 = +1 ✓
					$\therefore \text{Si' occurs}$



Q	+1	+1	0	0	+1 = +1 ✓
L_τ	-1	0	0	+1	-1 = +1 \rightarrow False, not conserva
L_μ	0	-1	-1	0	0 = -2 \rightarrow False, no &守恒
					$\therefore \underline{\text{No}} \text{ occurs}$

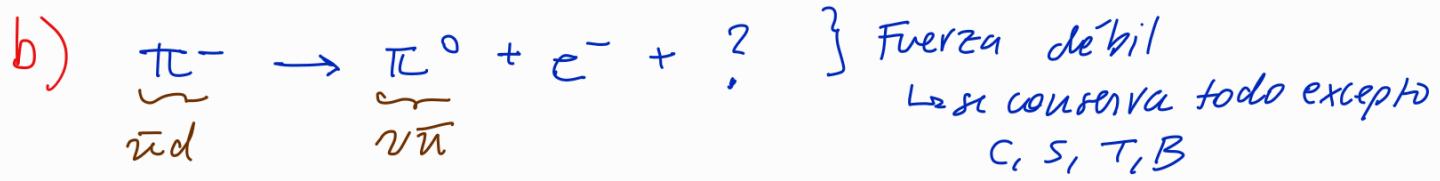
P
3

(P₃) Identificar partículas



Q	+1	X	+1	-1	0	$\Rightarrow +1 + X = 0 \Rightarrow X = -1$
B	+1	X	0	0	0	$\Rightarrow +1 + X = 0 \Rightarrow X = -1$
L	0	X	0	0	0	$\Rightarrow 0 + X = 0 \Rightarrow X = 0$
S	0	X	0	0	0	$\Rightarrow 0 + X = 0 \Rightarrow X = 0$
C	0	X	0	0	0	$\Rightarrow 0 + X = 0 \Rightarrow X = 0$
T	0	X	0	0	0	$\Rightarrow 0 + X = 0 \Rightarrow X = 0$
B	0	X	0	0	0	$\Rightarrow 0 + X = 0 \Rightarrow X = 0$

Entonces, x es un antibarión ($B_x = -1$) de carga -1 ($Q_x = -1$).
 Concluimos que x es un antiproton, $x = p^-$.



Q	-1	0	-1	X	$\Rightarrow -1 = -1 + X \Rightarrow 0 = X$
B	0	0	0	X	$\Rightarrow 0 = 0 + X \Rightarrow X = 0$
L _e	0	0	+1	X	$\Rightarrow 0 = 1 + X \Rightarrow -1 = X$

O sea que la partícula X debe ser neutra con carga $L_e = -1$.
 Concluimos que X es un antineutrino electrónico, $X = \bar{\nu}_e$.

c)



$$\begin{array}{ccccc} Q & 0 & 1 & -1 & x \\ L_e & 0 & 0 & +1 & x \\ B & 1 & 1 & 0 & x \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} 0 = 0+x \Rightarrow x=0 \\ 0 = +1+x \Rightarrow x=-1 \\ 1 = 1+x \Rightarrow x=0 \end{array}$$

o sea, la partícula desconocida es neutra, tiene número leptónico electrónico negativo (no es un Barioón).

Concluimos que x es un antineutrino electrónico $x = \bar{\nu}_e$.

HEMOS TERMINADO



Alguien consulta la puedes realizar en el foro del curso, pena que podamos discutirlo entre todos y todas :)

(o bien a mi correo bianca.zamora@vg.uchile.cl)